

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-52311

(P2001-52311A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

D 5 D 0 3 3

C 5 D 0 3 4

F

K

5/39

5/39

審査請求 有 請求項の数33 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2000-119217(P2000-119217)

(22) 出願日 平成12年4月20日 (2000.4.20)

(31) 優先権主張番号 特願平11-158125

(32) 優先日 平成11年6月4日 (1999.6.4)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 佐々木 芳高

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

Fターム(参考) 5D033 BA01 BA08 BA13 BA32 BA41

BB43 DA04 DA07 DA08

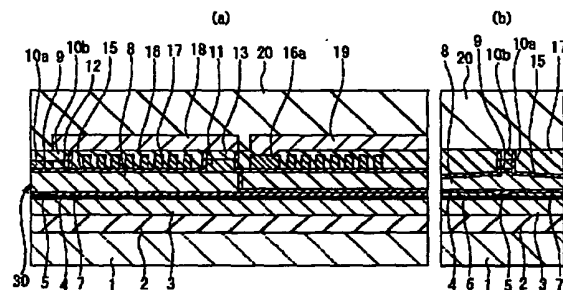
5D034 BA02 BB08 DA07

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 誘導型磁気変換素子のトラック幅を小さくした場合でもトラック幅とスロットハイトを精度よく規定することができるようにする。

【解決手段】 記録ヘッドは、記録ギャップ層9を介して互に対向する磁極部分を含む下部磁極層8および上部磁極層と、薄膜コイル16とを有している。上部磁極層は、幅が記録トラック幅に等しく、長さがスロットハイトに等しい第1の磁極部分層10aと、第1の磁極部分層10aに接触する部分の幅が第1の磁極部分層10aの幅すなわち記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが第1の磁極部分層10aの長さよりも大きい第2の磁極部分層10bと、ヨーク部分層18とを有している。第1の磁極部分層10aは、始めは記録トラック幅よりも大きい幅を有するように形成され、第2の磁極部分層10bをマスクとしてエッチングすることにより記録トラック幅に等しい幅とされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁気的に連結され、前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む第1および第2の磁性層と、前記第1の磁性層の磁極部分と前記第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第1および第2の磁性層の間に、前記第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、

一方の磁性層は、一方の面が前記記録ギャップ層に隣接し、幅が記録トラック幅に等しく、長さがスロートハイトに等しく、磁極部分の一部となる第1の磁極部分層と、一方の面が前記第1の磁極部分層の他方の面に接触し、前記第1の磁極部分層に接触する部分の幅が前記第1の磁極部分層の幅に等しく、且つ全体の長さが前記第1の磁極部分層の長さよりも大きく、磁極部分の他の一部となる第2の磁極部分層と、前記第2の磁極部分層の他方の面に直接または間接的に接続され、ヨーク部分となるヨーク部分層とを有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端面は、媒体対向面から離れた位置に配置されていることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置され、前記第2の磁極部分層側の面が前記第1の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された絶縁層を備えたことを特徴とする請求項1または2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記薄膜コイルの少なくとも一部は、前記第1の磁極部分層の側方に配置されていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの少なくとも一部を覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を備えたことを特徴とする請求項4記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記薄膜コイルは、前記第1の磁極部分層の側方に配置された第1の部分と、この第1の部分と前記ヨーク部分層との間に配置された第2の部分とを有することを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分の覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を備え、前記薄膜コイルの第2の部分は、前記コイル絶縁層と前記ヨーク部分層との間に配置されていることを特徴とする請求項6記載の薄膜

磁気ヘッド。

【請求項8】 前記一方の磁性層は、更に、前記第2の磁極部分層と前記ヨーク部分層とを接続するための接続層を有することを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 前記薄膜コイルは、前記第1の磁極部分層の側方に配置された第1の部分と、前記接続層の側方に配置された第2の部分とを有することを特徴とする請求項8記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分の覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された第1のコイル絶縁層と、前記接続層の側方に配置された薄膜コイルの第2の部分の覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記接続層におけるヨーク部分層側の面と共に平坦化された第2のコイル絶縁層とを備えたことを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 前記第1の磁極部分層は高飽和磁束密度材料よりなり、前記第1の磁極部分層の厚さを幅で除算した値は0.5以上であることを特徴とする請求項1ないし10のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】 更に、磁気抵抗素子と、媒体対向面側の一部が前記磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、前記磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層とを備えたことを特徴とする請求項1ないし11のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】 記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁気的に連結され、前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む第1および第2の磁性層と、前記第1の磁性層の磁極部分と前記第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第1および第2の磁性層の間に、前記第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第1の磁性層を形成する工程と、前記第1の磁性層の上に前記記録ギャップ層を形成する工程と、前記記録ギャップ層の上に前記第2の磁性層を形成する工程と、

少なくとも一部が前記第1および第2の磁性層の間に、この第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で配置されるように、前記薄膜コイルを形成する工程とを含み、

前記第2の磁性層を形成する工程は、一方の面が前記記録ギャップ層に隣接し、磁極部分における長さがスロートハイトに等しく、磁極部分の一部となる第1の磁極部分層を形成する工程と、一方の面が前記第1の磁極部分層の他方の面に接触し、前記第1の磁極部分層に接触する部分の幅が記録トラッ

ク幅と等しく、且つ全体の長さが磁極部分における前記第1の磁極部分層の長さよりも大きく、磁極部分の他の一部となる第2の磁極部分層を形成する工程と、前記第1の磁極部分層と第2の磁極部分層と接触する部分において、前記第1の磁極部分層の幅が前記第2の磁極部分層の幅と等しくなるように、前記第2の磁極部分層をマスクとして第1の磁極部分層をエッチングする工程と、前記第2の磁極部分層の他方の面に直接または間接的に接続され、ヨーク部分となるヨーク部分層を形成する工程とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記ヨーク部分層を形成する工程は、前記ヨーク部分層の媒体対向面側の端面を、媒体対向面から離れた位置に配置することを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項15】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置され、前記第2の磁極部分層側の面が前記第1の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項13または14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記薄膜コイルを形成する工程は、前記薄膜コイルの少なくとも一部を前記第1の磁極部分層の側方に配置することを特徴とする請求項13ないし15のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの少なくとも一部を覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項16記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】 前記薄膜コイルを形成する工程は、前記第1の磁極部分層の側方に配置される第1の部分と、この第1の部分と前記ヨーク部分層との間に配置される第2の部分とを形成することを特徴とする請求項13ないし15のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分の覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を形成する工程を含み、前記薄膜コイルを形成する工程は、前記薄膜コイルの第2の部分の前記コイル絶縁層と前記ヨーク部分層との間に配置することを特徴とする請求項18記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記第2の磁性層を形成する工程は、更に、前記第2の磁極部分層と前記ヨーク部分層とを接続するための接続層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項13ないし15のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項21】 前記薄膜コイルを形成する工程は、前記第1の磁極部分層の側方に配置される第1の部分と、前記接続層の側方に配置される第2の部分とを形成することを特徴とする請求項20記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項22】 更に、前記第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分の覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された第1のコイル絶縁層を形成する工程と、前記接続層の側方に配置された薄膜コイルの第2の部分の覆い、前記ヨーク部分層側の面が前記接続層におけるヨーク部分層側の面と共に平坦化された第2のコイル絶縁層を形成する工程とを含むことを特徴とする請求項21記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項23】 第1の磁極部分層をエッチングする工程では、反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングすることを特徴とする請求項13ないし22のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項24】 第1の磁極部分層をエッチングする工程では、第2の磁極部分層の上にマスクパターンを形成し、このマスクパターンをマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第2の磁極部分層をエッチングし、更に、前記マスクパターンおよび第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングすることを特徴とする請求項23記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項25】 更に、前記第1の磁極部分層のエッチング後に、前記マスクパターンおよび第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁性層の一部をエッチングする工程を含むことを特徴とする請求項24記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】 前記第2の磁極部分層はめっき法によって形成されることを特徴とする請求項13ないし22のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項27】 前記第1の磁極部分層をエッチングする工程では、前記第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングすることを特徴とする請求項26記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項28】 更に、前記第1の磁極部分層のエッチング後に、前記第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁性層の一部をエッチングする工程を含むことを特徴とする請求項27記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項29】 前記第1の磁極部分層は高飽和磁束密度材料よりなり、前記第1の磁極部分層の厚さを幅で除算した値は0.5以上であることを特徴とする請求項27または28記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項30】 前記第1の磁極部分層をエッチングする工程における反応性イオンエッチングでは、ガスとし

て Cr_2O_3 または BCr_2O_3 を用いることを特徴とする請求項27ないし29記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項31】 前記第1の磁極部分層をエッチングする工程における反応性イオンエッチングは、50～300℃の範囲内の温度で行われることを特徴とする請求項27ないし30のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項32】 更に、磁気抵抗素子と、媒体対向面側の一部が前記磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、前記磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層と、前記磁気抵抗素子と前記第1および第2のシールド層との間に設けられた第1および第2の絶縁膜とを形成する工程を含むことを特徴とする請求項13ないし31のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項33】 前記第1および第2の絶縁膜の少なくとも一方は、化学的气相成長法によって形成されることを特徴とする請求項32記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magnetoresistive）とも記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】ところで、記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ層を挟んでその上下に形成された下部磁極および上部磁極のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロン寸法まで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要がある、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。

【0004】ここで、図25ないし図28を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。なお、図25ないし図28において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0005】この製造方法では、まず、図25に示したように、例えばアルティック（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）よりなる基板101の上に、例えばアルミナ（ Al_2O_3 ）よりなる絶縁層102を、約5～10 μm 程度の厚みで堆

積する。次に、絶縁層102の上に、磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。

【0006】次に、下部シールド層103の上に、例えばアルミナを100～200nmの厚みにスパッタ堆積し、絶縁層としての下部シールドギャップ膜104を形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、再生用のMR素子105を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、MR素子105に電気的に接続される一対の電極層106を形成する。

【0007】次に、下部シールドギャップ膜104およびMR素子105の上に、絶縁層としての上部シールドギャップ膜107を形成し、MR素子105をシールドギャップ膜104、107内に埋設する。

【0008】次に、上部シールドギャップ膜107の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）108を、約3 μm の厚みに形成する。

【0009】次に、図26に示したように、下部磁極層108の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層109を、0.2 μm の厚みに形成する。次に、磁路形成のために、記録ギャップ層109を部分的にエッチングして、コンタクトホール109aを形成する。次に、磁極部分における記録ギャップ層109の上に、記録ヘッド用の磁性材料よりなる上部磁極チップ110を、0.5～1.0 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁路形成のためのコンタクトホール109aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層119を形成する。

【0010】次に、図27に示したように、上部磁極チップ110をマスクとして、イオンミリングによって、記録ギャップ層109と下部磁極層108をエッチングする。図27(b)に示したように、上部磁極部分（上部磁極チップ110）、記録ギャップ層109および下部磁極層108の一部の各側壁が垂直に自己整合的に形成された構造は、トリム（Trim）構造と呼ばれる。

【0011】次に、全面に、例えばアルミナ膜よりなる絶縁層111を、約3 μm の厚みに形成する。次に、この絶縁層111を、上部磁極チップ110および磁性層119の表面に至るまで研磨して平坦化する。

【0012】次に、平坦化された絶縁層111の上に、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル112を形成する。次に、絶縁層111およびコイル112の上に、フォトレジスト層113を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層113の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。次に、フォトレジスト層113の上に、第2層目の薄膜コイル114を形成する。次に、フォトレジスト層113およびコイル114上に、フォトレジスト層1

15を、所定のパターンに形成する。次に、フォトリソグレイスト層115の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。

【0013】次に、図28に示したように、上部磁極チップ110、フォトリソグレイスト層113、115および磁性層119の上に、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイよりなる上部磁極層116を形成する。次に、上部磁極層116の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層117を形成する。最後に、スライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面118を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0014】図29は、図28に示した薄膜磁気ヘッドの平面図である。なお、この図では、オーバーコート層117や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。

【0015】図28において、THは、スロートハイトを表し、MR-Hは、MRハイトを表している。なお、スロートハイトとは、2つの磁極層が記録ギャップ層を介して対向する部分の、エアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。また、MRハイトとは、MR素子のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。また、図28において、P2Wは、磁極幅すなわち記録トラック幅を表している。薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因として、スロートハイトやMRハイト等の他に、図28において θ で示したようなエイベックスアングル (Apex Angle) がある。このエイベックスアングルは、フォトリソグレイスト層113、115で覆われて山状に盛り上がったコイル部分（以下、エイベックス部と言う。）における磁極側の側面の角部を結ぶ直線と絶縁層111の上面とのなす角度をいう。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】薄膜磁気ヘッドの性能を向上させるには、図28に示したようなスロートハイトTH、MRハイトMR-H、エイベックスアングル θ および記録トラック幅P2Wを正確に形成することが重要である。

【0017】特に、近年は、高密度記録を可能とするため、すなわち狭トラック構造の記録ヘッドを形成するために、トラック幅P2Wには1.0 μm 以下のサブミクロン寸法が要求されている。そのために半導体加工技術を利用して上部磁極をサブミクロン寸法に加工する技術が必要となる。

【0018】ここで、問題となるのは、エイベックス部の上に形成される上部磁極層を微細に形成することが困難なことである。

【0019】ところで、上部磁極層を形成する方法としては、例えば、特開平7-262519号公報に示されるように、フレームめっき法が用いられる。フレームめ

っき法を用いて上部磁極層を形成する場合は、まず、エイベックス部の上に全体的に、例えばパーマロイよりなる薄い電極膜を、例えばスパッタリングによって形成する。次に、その上にフォトリソグレイストを塗布し、フォトリソグラフィ工程によりパターンニングして、めっきのためのフレーム（外枠）を形成する。そして、先に形成した電極膜をシード層として、めっき法によって上部磁極層を形成する。

【0020】ところが、エイベックス部と他の部分とでは、例えば7~10 μm 以上の高低差がある。このエイベックス部上に、フォトリソグレイストを3~4 μm の厚みで塗布する。エイベックス部上のフォトリソグレイストの膜厚が最低3 μm 以上必要であるとする、流動性のあるフォトリソグレイストは低い方に集まることから、エイベックス部の下方では、例えば8~10 μm 以上の厚みのフォトリソグレイスト膜が形成される。

【0021】上述のようにサブミクロン寸法の記録トラック幅を実現するには、フォトリソグレイスト膜によってサブミクロン寸法の幅のフレームパターンを形成する必要がある。従って、エイベックス部上で、8~10 μm 以上の厚みのあるフォトリソグレイスト膜によって、サブミクロン寸法の微細なパターンを形成しなければならない。ところが、このような厚い膜厚のフォトリソグレイストパターンを狭パターン幅で形成することは製造工程上極めて困難であった。

【0022】しかも、フォトリソグラフィの露光時に、露光用の光が、シード層としての下地電極膜で反射し、この反射光によってもフォトリソグレイストが感光して、フォトリソグレイストパターンのくずれ等が生じ、シャープかつ正確なフォトリソグレイストパターンが得られなくなる。

【0023】このように、従来は、磁極幅がサブミクロン寸法になると、上部磁性層を精度よく形成することが困難になるという問題点があった。

【0024】このようなことから、上述の従来例の図26ないし図28の工程でも示したように、記録ヘッドの狭トラックの形成に有効な上部磁極チップ110によって、1.0 μm 以下のトラック幅を形成した後、この上部磁極チップ110と接続されるヨーク部分となる上部磁極層116を形成する方法も採用されている（特開昭62-245509号公報、特開昭60-10409号公報参照）。このように、通常の上部磁極層を、上部磁極チップ110とヨーク部分となる上部磁極層116とに分割することにより、記録トラック幅を決定する上部磁極チップ110を、記録ギャップ層109の上の平坦な面の上に、ある程度微細に形成することが可能になる。

【0025】しかしながら、図28に示したような構造の薄膜磁気ヘッドでも、以下のような（1）ないし（3）の問題点があった。

【0026】（1）図28に示した薄膜磁気ヘッドで

は、上部磁極チップ110によって記録トラック幅とスロートハイトとを規定している。従って、この薄膜磁気ヘッドでは、記録トラック幅が極微細、特に $0.5\mu\text{m}$ 以下になってくると、上部磁極チップ110の大きさが極めて小さくなるため、パターン端が丸みを帯びたりして、上部磁極チップ110を精度よく形成するのが困難になる。そのため、図28に示したような構造の薄膜磁気ヘッドでは、記録トラック幅が極微細になってくると、記録トラック幅とスロートハイトとを精度よく規定することが困難になるという問題点があった。

【0027】(2) 図28に示した薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極チップ110によって記録トラック幅が規定されるため、上部磁極層116は、上部磁極チップ110ほどには微細に加工する必要はないと言える。それでも、記録トラック幅が極微細、特に $0.5\mu\text{m}$ 以下になってくると、上部磁極層116においてもサブミクロン幅の加工精度が要求される。しかしながら、図28に示した薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116はエイベックス部の上に形成されることから、前述の理由により、上部磁極層116を微細に形成することが困難であった。また、上部磁極層116は、幅の狭い上部磁極チップ110に対して磁氣的に接続する必要があることから、上部磁極チップ110よりも広い幅に形成する必要があった。これらの理由から、図28に示した薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116は上部磁極チップ110よりも広い幅に形成されていた。また、上部磁極層116の先端面はエアベアリング面に露出している。そのため、図28に示した薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116側でも書き込みが行われ、記録媒体に対して、本来、記録すべき領域以外の領域にもデータを書き込んでしまう、いわゆるサイドライトが発生するという問題点があった。このような問題点は、記録ヘッドの性能を向上させるためにコイルを2層や3層に形成した場合に、コイルを1層に形成する場合に比べてエイベックス部の高さが高くなり、より顕著になる。

【0028】(3) また、図28に示した薄膜磁気ヘッドでは、上部磁極層116と上部磁極チップ110との接触部分で磁路の断面積が急激に減少するため、この部分で磁束の飽和が生じ、薄膜コイル112、114で発生した起磁力を効率よく記録に利用することができなくなるという問題点があった。

【0029】また、従来の薄膜磁気ヘッドでは、磁路長(Yoke Length)を短くすることが困難であるという問題点があった。すなわち、コイルピッチが小さいほど、磁路長の短いヘッドを実現することができ、特に高周波特性に優れた記録ヘッドを形成することができるが、コイルピッチを限りなく小さくしていった場合、スロートハイトゼロ位置(スロートハイトを決定する絶縁層のエアベアリング面側の端部の位置)からコイルの外周端までの距離が、磁路長を短くすることを妨げる大きな要因

となっていた。磁路長は、1層のコイルよりは2層のコイルの方が短くできることから、多くの高周波用の記録ヘッドでは2層コイルを採用している。しかしながら、従来の磁気ヘッドでは、1層目のコイルを形成した後、コイル間の絶縁膜を形成するために、フォトレジスト膜を約 $2\mu\text{m}$ の厚みで形成している。そのため、1層目のコイルの外周端には丸みを帯びた小さなエイベックス部が形成される。次に、その上に2層目のコイルを形成するが、その際に、エイベックス部の傾斜部では、コイルのシード層のエッチングができず、コイルがショートするため、2層目のコイルは平坦部に形成する必要がある。

【0030】従って、例えば、コイルの厚みを $2\sim 3\mu\text{m}$ とし、コイル間絶縁膜の厚みを $2\mu\text{m}$ とし、エイベックスアングルを $45^\circ\sim 55^\circ$ とすると、磁路長としては、コイルに対応する部分の長さに加え、コイルの外周端からスロートハイトゼロ位置の近傍までの距離である $3\sim 4\mu\text{m}$ の距離の2倍(上部磁極層と下部磁極層とのコンタクト部からコイル内周端までの距離も $3\sim 4\mu\text{m}$ 必要。)の $6\sim 8\mu\text{m}$ が必要である。このコイルに対応する部分以外の長さが、磁路長の縮小を妨げる要因となっていた。

【0031】ここで、例えば、コイルの線幅が $1.2\mu\text{m}$ 、スペースが $0.8\mu\text{m}$ の11巻コイルを2層で形成する場合を考える。この場合、図28に示したように、1層目を6巻、2層目を5巻とすると、磁路長のうち、1層目のコイル112に対応する部分の長さは $11.2\mu\text{m}$ である。磁路長には、これに加え、1層目のコイル112の外周端および内周端より、1層目のコイル112を絶縁するためのフォトレジスト層113の端部までの距離として、合計 $6\sim 8\mu\text{m}$ の長さが必要になる。従って、磁路長は $17.2\sim 19.2\mu\text{m}$ となる。また、もし11巻コイルを1層で形成するとすると、磁路長は $27.2\sim 29.2\mu\text{m}$ となる。なお、本出願では、磁路長を、図28において符号L₀で示したように、磁極層のうちの磁極部分およびコンタクト部分を除いた部分の長さで表す。このように、従来は、磁路長の縮小が困難であり、これが高周波特性の改善を妨げていた。

【0032】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、誘導型磁気変換素子のトラック幅を小さくした場合でもトラック幅とスロートハイトを精度よく規定することができると共に、磁路の途中での磁束の飽和を防止することができるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0033】本発明の第2の目的は、上記第1の目的に加え、記録すべき領域以外の領域へのデータの書き込みを防止することができるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0034】本発明の第3の目的は、上記第1の目的に加え、磁路長の縮小を可能にした薄膜磁気ヘッドおよび

その製造方法を提供することにある。

【0035】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁気的に連結され、媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む第1および第2の磁性層と、第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、一方の磁性層が、一方の面が記録ギャップ層に隣接し、幅が記録トラック幅に等しく、長さがスロートハイトに等しく、磁極部分の一部となる第1の磁極部分層と、一方の面が第1の磁極部分層の他方の面に接触し、第1の磁極部分層に接触する部分の幅が第1の磁極部分層の幅と等しく、且つ全体の長さが第1の磁極部分層の長さよりも大きく、磁極部分の他の一部となる第2の磁極部分層と、第2の磁極部分層の他方の面に直接または間接的に接続され、ヨーク部分となるヨーク部分層とを有するものである。

【0036】本発明の薄膜磁気ヘッドでは、一方の磁性層の第1の磁極部分層は、スロートハイトに等しい長さを有する。従って、第1の磁極部分層によってスロートハイトが規定される。また、この薄膜磁気ヘッドでは、一方の磁性層の第1の磁極部分層と第2の磁極部分層は、記録トラック幅に等しい幅を有する。従って、第1の磁極部分層および第2の磁極部分層によって記録トラック幅が規定される。第2の磁極部分層には、ヨーク部分層が直接または間接的に接続される。

【0037】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁気的に連結され、媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む第1および第2の磁性層と、第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、第1の磁性層を形成する工程と、第1の磁性層の上に記録ギャップ層を形成する工程と、記録ギャップ層の上に第2の磁性層を形成する工程と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、この第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で配置されるように、薄膜コイルを形成する工程とを含み、第2の磁性層を形成する工程が、一方の面が記録ギャップ層に隣接し、磁極部分における長さがスロートハイトに等しく、磁極部分の一部となる第1の磁極部分層を形成する工程と、一方の面が第1の磁極部分層の他方の面に接触し、第1の磁極部分層に接触する部分の幅が記録トラック幅と等しく、且つ全

体の長さが磁極部分における第1の磁極部分層の長さよりも大きく、磁極部分の他の一部となる第2の磁極部分層を形成する工程と、第1の磁極部分層と第2の磁極部分層と接触する部分において、第1の磁極部分層の幅が第2の磁極部分層の幅と等しくなるように、第2の磁極部分層をマスクとして第1の磁極部分層をエッチングする工程と、第2の磁極部分層の他方の面に直接または間接的に接続され、ヨーク部分となるヨーク部分層を形成する工程とを含むものである。

【0038】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層の第1の磁極部分層によってスロートハイトが規定される。また、この製造方法では、第2の磁性層の第2の磁極部分層をマスクとして第1の磁極部分層をエッチングすることにより、第1の磁極部分層の幅が第2の磁極部分層の幅、すなわち記録トラック幅に等しい幅とされる。従って、第1の磁極部分層および第2の磁極部分層によって記録トラック幅が規定される。第2の磁極部分層には、ヨーク部分層が直接または間接的に接続される。

【0039】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面を、媒体対向面から離れた位置に配置してもよい。

【0040】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、更に、第1の磁極部分層の側方に配置され、第2の磁極部分層側の面が第1の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された絶縁層を設けてもよい。

【0041】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、薄膜コイルの少なくとも一部を、第1の磁極部分層の側方に配置してもよい。この場合、更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの少なくとも一部を覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を設けてもよい。

【0042】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、薄膜コイルが、第1の磁極部分層の側方に配置される第1の部分と、この第1の部分とヨーク部分層との間に配置される第2の部分とを有するようにしてもよい。この場合、更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分の覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を設け、薄膜コイルの第2の部分、コイル絶縁層とヨーク部分層との間に配置してもよい。

【0043】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、一方の磁性層が、更に、第2の磁極部分層とヨーク部分層とを接続するための接続層を有するようにしてもよい。この場合、薄膜コイルが、第1の磁極部分層の側方に配置される第1の部分と、接続層の側方に配置される第2の部分とを有するようにしてもよい。このように、薄膜コイルが第1の部分と第2の部分とを有する場合には、更に、第1の磁極部分層の側方に配置

された薄膜コイルの第1の部分の覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された第1のコイル絶縁層と、接続層の側方に配置された薄膜コイルの第2の部分の覆い、ヨーク部分層側の面が接続層におけるヨーク部分層側の面と共に平坦化された第2のコイル絶縁層とを設けてもよい。

【0044】また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の磁極部分層は高飽和磁束密度材料よりなり、第1の磁極部分層の厚さを幅で除算した値は0.5以上であってもよい。なお、本発明において、高飽和磁束密度材料とは、飽和磁束密度が1.4T以上の磁性材料を言う。

【0045】また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、更に、磁気抵抗素子と、媒体対向面側の一部が磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層とを備えていてもよい。

【0046】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、第1の磁極部分層をエッチングする工程では、反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングしてもよい。この場合、第1の磁極部分層をエッチングする工程では、第2の磁極部分層の上にマスクパターンを形成し、このマスクパターンをマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第2の磁極部分層をエッチングし、更に、マスクパターンおよび第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングしてもよい。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、マスクパターンおよび第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングした後に、マスクパターンおよび第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁性層の一部をエッチングしてもよい。

【0047】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、第2の磁極部分層はめっき法によって形成されてもよい。この場合、第1の磁極部分層をエッチングする工程では、第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングしてもよい。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングした後に、第2の磁極部分層をマスクとして反応性イオンエッチングを用いて第1の磁性層の一部をエッチングしてもよい。

【0048】上記のように反応性イオンエッチングを用いて第1の磁極部分層をエッチングする場合には、第1の磁極部分層が高飽和磁束密度材料よりなり、第1の磁極部分層の厚さを幅で除算した値が0.5以上であるようにしてもよい。また、第1の磁極部分層をエッチングする工程における反応性イオンエッチングでは、ガスと

して Cl_2 または BCl_3 を用いてもよい。また、第1の磁極部分層をエッチングする工程における反応性イオンエッチングは、50～300℃の範囲内の温度で行われるようにしてもよい。

【0049】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、更に、磁気抵抗素子と、媒体対向面側の一部が磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置され、磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層と、磁気抵抗素子と第1および第2のシールド層との間に設けられた第1および第2の絶縁膜とを形成する工程を含んでもよい。この場合、第1および第2の絶縁膜の少なくとも一方を化学的気相成長法によって形成してもよい。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【第1の実施の形態】まず、図1ないし図10を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図1ないし図8において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0051】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、図1に示したように、例えばアルティック($Al_2O_3 \cdot TiC$)よりなる基板1の上に、例えばアルミナ(Al_2O_3)よりなる絶縁層2を、約5 μm の厚みで堆積する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料、例えばパーマロイよりなる再生ヘッド用の下部シールド層3を、約3 μm の厚みに形成する。下部シールド層3は、例えば、フォトリソ膜をマスクにして、めっき法によって、絶縁層2の上に選択的に形成する。次に、図示しないが、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層を、例えば4～5 μm の厚みに形成し、例えばCMP(化学機械研磨)によって、下部シールド層3が露出するまで研磨して、表面を平坦化処理する。

【0052】次に、図2に示したように、下部シールド層3の上に、絶縁膜としての下部シールドギャップ膜4を、例えば約20～40nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、再生用のMR素子5を、数十nmの厚みに形成する。MR素子5は、例えば、スパッタによって形成したMR膜を選択的にエッチングすることによって形成する。なお、MR素子5には、AMR素子、GMR素子、あるいはTMR(トンネル磁気抵抗効果)素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子5に電氣的に接続される一対の電極層6を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、絶縁膜としての上部シールドギャップ膜7を、例えば約20～40nmの厚みに形成し、MR素子5をシールドギ

ャップ膜4, 7内に埋設する。シールドギャップ膜4, 7に使用する絶縁材料としては、アルミナ、窒化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)等がある。また、シールドギャップ膜4, 7は、スパッタ法によって形成してもよいし、例えばトリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)と H_2O 等を用いた化学的気相成長(CVD)法によって形成してもよい。CVD法を用いると、薄く、且つ緻密でピンホールの少ないシールドギャップ膜4, 7を形成することが可能となる。

【0053】次に、上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層(以下、下部磁極層と記す。)8を、約2.5~3.5 μm の厚みで、選択的に形成する。

【0054】次に、図3に示したように、下部磁極層8および上部シールドギャップ膜7の上に、絶縁材料よりなる記録ギャップ層9を、例えば0.2~0.3 μm の厚みに形成する。記録ギャップ層9に使用する絶縁材料としては、一般的に、アルミナ、窒化アルミニウム、シリコン酸化物系材料、シリコン窒化物系材料、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)等がある。

【0055】次に、磁路形成のために、下部磁極層8のエアベアリング面30とは反対側(図3(a)において右側)の端部近傍の位置において、記録ギャップ層9を部分的にエッチングしてコンタクトホール9aを形成する。

【0056】次に、記録ギャップ層9のエアベアリング面30側の端部近傍の位置において、記録ギャップ層9の上に、磁性材料よりなり、上部磁極層の磁極部分の一部となる第1の磁極部分層10aを、例えば約0.5~1.0 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁路形成のためのコンタクトホール9aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層11を、例えば約0.5~1.0 μm の厚みに形成する。この時点において、第1の磁極部分層10aは、その幅(図3(b)における左右方向の寸法)が記録トラック幅よりも大きくなるように形成されている。また、磁極部分における第1の磁極部分層10aの長さ(図3(a)における左右方向の寸法)はスロットハイトに等しくなっている。

【0057】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層12を、例えば4~5 μm の厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、第1の磁極部分層10aと磁性層11が露出するまで、絶縁層12を研磨して、表面を平坦化処理する。この研磨により、下部磁極層8の上の部分における絶縁層12の厚みが0.5~0.8 μm となる。図3(a)において、第1の磁極部分層10aと絶縁層12との境界位置がスロットハイトゼロ位置となる。

【0058】次に、図4に示したように、第1の磁極部分層10aの上に、磁性材料よりなり、上部磁極層の磁

極部分の他の一部となる第2の磁極部分層10bを、例えば約2.5~3.5 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁性層11の上に磁性層13を例えば約2.5~3.5 μm の厚みに形成する。第2の磁極部分層10bは、第1の磁極部分層10aに接触する部分の幅が記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが、磁極部分における第1の磁極部分層10aの長さよりも大きくなっている。

【0059】第1の磁極部分層10aおよび第2の磁極部分層10bは、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。その他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。

【0060】図9は、図4に対応する平面図である。なお、この図では、記録ギャップ層9および絶縁層12を省略している。この図では、第1の磁極部分層10aは幅方向に広く配置されているが、第1の磁極部分層10aの幅は記録トラック幅よりも大きければよい。

【0061】次に、図5に示したように、第2の磁極部分層10bをマスクとして、第1の磁極部分層10aおよび絶縁層12を、例えばアルゴン系ガスをを用いたイオンミリングによってエッチングする。これにより、第2の磁極部分層10bと接触する部分において、第1の磁極部分層10aの幅は、第2の磁極部分層の幅、すなわち記録トラック幅と等しくなる。

【0062】次に、第1の磁極部分層10aおよび第2の磁極部分層10bをマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層9を選択的にエッチングする。このときのドライエッチングには、例えば、 BCl_2 , Cl_2 等の塩素系ガスや、 CF_4 , SF_6 等のフッ素系ガス等のガスをを用いた反応性イオンエッチング(以下、RIEと記す。)が用いられる。次に、例えばアルゴン系ガスをを用いたイオンミリングによって、下部磁極層8を選択的に約0.3~0.6 μm 程度エッチングして、図5(b)に示したようなトリム構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。なお、記録ギャップ層9および下部磁極層8のエッチングの際には、エッチングすべき領域以外の部分の上に図示しないトリム用フォトマスクを形成してからエッチングを行うようにしてもよい。

【0063】なお、本実施の形態において、以下で説明する第1の方法または第2の方法によって、第1の磁極部分層10aをRIEを用いてエッチングするようにしてもよい。

【0064】第1の方法は、第2の磁極部分層10bの上にアルミナ等を用いてマスクパターンを形成し、このマスクパターンをマスクとして、第2の磁極部分層10bおよび第1の磁極部分層10aをRIEを用いてエッチングする方法である。第1の方法では、まず、マスクパターンをマスクとして、RIEによって第2の磁極部分層10bがパターンニングされ、更に、マスクパターンおよびパターンニングされた第2の磁極部分層10bをマスクとして、RIEによって第1の磁極部分層10aがパターンニングされる。従って、この第1の方法も、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法に含まれる。第1の方法において、上記マスクパターンをマスクとして、更に、記録ギャップ層9と、下部磁極層8の一部を、RIEを用いてエッチングして、トリム構造を形成してもよい。第1の方法において、第1の磁極部分層10aと第2の磁極部分層10bは、NiFe等を用いてめっき法によって形成してもよいし、FeN、CoFe等の高飽和磁束密度材料をスパッタリングすることによって形成してもよい。

【0065】第2の方法は、第2の磁極部分層10bを、NiFe等を用いてめっき法によって所定のパターンに形成し、この第2の磁極部分層10bをマスクとして、第1の磁極部分層10aをRIEを用いてエッチングする方法である。第2の方法において、第2の磁極部分層10bをマスクとして、更に、記録ギャップ層9と、下部磁極層8の一部を、RIEを用いてエッチングして、トリム構造を形成してもよい。第2の方法において、第1の磁極部分層10aは、NiFe等を用いてめっき法によって形成してもよいし、FeN、CoFe等の高飽和磁束密度材料をスパッタリングすることによって形成してもよい。

【0066】第2の方法におけるRIEでは、ガスとして Cl_2 または BCl_3 を用いるのが好ましい。また、第2の方法におけるRIEは、50～300℃の範囲内の温度で行うのが好ましい。このような高い温度でRIEを行うことにより、第2の磁極部分層10bをNiFeを用いて形成した場合に、RIEの際にNi分子が再付着することを防止することができる。

【0067】第2の方法によれば、第2の磁極部分層10bをめっき法によって形成することにより、トラック幅が0.3μm以下となるように第2の磁極部分層10bを形成でき、この第2の磁極部分層10bをマスクとして第1の磁極部分層10aをエッチングすることにより、第1の磁極部分層10aの幅も0.3μm以下に形成することができる。

【0068】また、第2の方法によれば、第2の磁極部分層10bをマスクとしてRIEによって第1の磁極部分層10aをエッチングすることにより、第2の磁極部分層10bのパターンが崩れることがなく、例えば0.3μm以下の幅の第1の磁極部分層10aを正確に形成

することができる。

【0069】以下、高飽和磁束密度材料をスパッタリングすることによって第1の磁極部分層10aを形成し、めっき法によって形成された第2の磁極部分層10bをマスクとして、第1の磁極部分層10aをRIEを用いてエッチングして、第1の磁極部分層10aを所定のパターンに形成する場合について述べる。図11は、この場合における、第1の磁極部分層10aの厚みTをパターンニング後の第1の磁極部分層10aの幅すなわち記録トラック幅P2Wで除算した値 $T/P2W$ と、重ね書きする場合の特性であるオーバーライト特性との関係を求めた実験結果の一例を示したものである。この図から、 $T/P2W$ を0.5以上とすると、オーバーライト特性が30dB以上となり、好ましいことが分かる。

【0070】次に、図6に示したように、全体に、後述する薄膜コイルと下部磁極層8とを絶縁するための、例えばアルミナよりなる絶縁膜15を、約0.3～0.5μmの厚みに形成する。次に、絶縁膜15の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅(Cu)よりなる薄膜コイル16を、例えば約1.0～2.0μmの厚みおよび1.2～2.0μmのコイルピッチで形成する。薄膜コイル16は、磁性層11、13を中心にして巻回されるように形成され、その一部が第1の磁極部分層10aの側方に配置される。なお、図6(a)において、符号16aは、薄膜コイル16を後述する導電層(リード)と接続するための接続部を示している。

【0071】次に、図7に示したように、全体に、例えばアルミナよりなるコイル絶縁層17を、約3～4μmの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、第2の磁極部分層10bおよび磁性層13が露出するまで、コイル絶縁層17を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図7(a)では、薄膜コイル16は露出していないが、薄膜コイル16が露出するようにしてもよい。薄膜コイル16が露出するようにした場合には、薄膜コイル16を覆う絶縁膜を形成する。

【0072】次に、図8に示したように、接続部16aの上において、コイル絶縁層17を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。次に、第2の磁極部分層10b、コイル絶縁層17および磁性層13の上に、上部磁極層のヨーク部分となるヨーク部分層18を、例えば約2.0～3.0μmの厚みに形成する。このとき同時に、接続部16aに接続される導電層19を、例えば約2.0～3.0μmの厚みに形成する。ヨーク部分層18は、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN、FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。こ

の他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe、Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波特性の改善のため、ヨーク部分層18を、無機系の絶縁膜とバーマロイ等の磁性層とを何層にも重ね合わせた構造としてもよい。

【0073】また、ヨーク部分層18のエアベアリング面30側の端面は、エアベアリング面30から例えば0.5~1.0 μ mだけ離れた位置、本実施の形態では特に、スロートハイトゼロ位置の近傍の位置に配置されている。

【0074】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層20を、例えば20~40 μ mの厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面30を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0075】本実施の形態では、下部磁極層8が本発明における第1の磁性層に対応し、第1の磁極部分層10a、第2の磁極部分層10b、磁性層11、13およびヨーク部分層18よりなる上部磁極層が、本発明における第2の磁性層に対応する。また、下部シールド層3は、本発明における第1のシールド層に対応する。また、下部磁極層8は、上部シールド層を兼ねているので、本発明における第2のシールド層にも対応する。

【0076】図10は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。なお、この図では、オーバーコート層20や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。図10において、符号TH0は、スロートハイトゼロ位置を示している。

【0077】以上説明したように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、再生ヘッドと記録ヘッド（誘導型磁気変換素子）とを備えている。再生ヘッドは、MR素子5と、記録媒体に対向する媒体対向面（エアベアリング面30）側の一部がMR素子5を挟んで対向するように配置され、MR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層（下部磁極層8）とを有している。

【0078】記録ヘッドは、互いに磁気的に連結され、媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む下部磁極層8および上部磁極層（第1の磁極部分層10a、第2の磁極部分層10b、磁性層11、13およびヨーク部分層18）と、これら2つの磁極層の各磁極部分の間に設けられた記録ギャップ層9と、少なくとも一部がこれら2つの磁極層の間に、2つの磁極層に対して絶縁された状態で配設された薄膜コイル16とを有している。

【0079】本実施の形態では、上部磁極層は、一方の面が記録ギャップ層9に隣接し、幅が記録トラック幅に等しく、長さがスロートハイトに等しく、磁極部分の一

部となる第1の磁極部分層10aと、一方の面が第1の磁極部分層10aの他方の面に接触し、第1の磁極部分層10aに接触する部分の幅が第1の磁極部分層10aの幅すなわち記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが第1の磁極部分層10aの長さよりも大きく、磁極部分の他の一部となる第2の磁極部分層10bと、第2の磁極部分層の他方の面に接続され、ヨーク部分となるヨーク部分層18とを有している。従って、本実施の形態では、上部磁極層の第1の磁極部分層10aによってスロートハイトが規定され、上部磁極層の第1の磁極部分層10aおよび第2の磁極部分層10bによって記録トラック幅が規定される。

【0080】本実施の形態では、第1の磁極部分層10aは、最終的にはスロートハイトに等しい長さで記録トラック幅に等しい幅とを有するが、始めは記録トラック幅よりも大きい幅を有するように形成される。そして、記録トラック幅に等しい幅を有する第2の磁極部分層10bを形成した後、この第2の磁極部分層10bをマスクとして第1の磁極部分層10aをエッチングすることにより、第1の磁極部分層10aの幅を記録トラック幅に等しい幅とする。このように、本実施の形態によれば、始めに第1の磁極部分層10aを記録トラック幅よりも大きい幅を有するように形成することができるので、始めから記録トラック幅に等しい幅とスロートハイトに等しい長さを有する磁極部分を形成する場合に比べて、パターン端が丸みを帯びることなく第1の磁極部分層10aを精度よく形成することができる。しかも、本実施の形態によれば、第1の磁極部分層10aを平坦な面の上に形成することができるので、この点からも第1の磁極部分層10aを精度よく形成することができる。従って、本実施の形態によれば、トラック幅を小さくした場合でも、スロートハイトを精度よく規定することができる。

【0081】また、本実施の形態では、第2の磁極部分層10bは、第1の磁極部分層10aに接触する部分の幅が記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが第1の磁極部分層10aの長さよりも大きくなるように形成される。従って、本実施の形態によれば、記録トラック幅に等しい幅とスロートハイトに等しい長さを有する磁極部分を形成する場合に比べて、第2の磁極部分層10bを精度よく形成することができる。また、本実施の形態では、上面が平坦化された第1の磁極部分層10aおよび絶縁層12の上に第2の磁極部分層10bを形成することができるので、この点からも第2の磁極部分層10bを精度よく形成することができる。従って、本実施の形態によれば、トラック幅を小さくした場合でも、トラック幅を精度よく規定することができる。

【0082】ところで、記録トラック幅に等しい幅とスロートハイトに等しい長さとを有する磁極部分にヨーク部分層を接続する場合には、両者の接続部分で磁路の断

面積が急激に減少するため、この部分で磁束の飽和が生じる。これに対し、本実施の形態では、第1の磁極部分層10aとヨーク部分層18とが第2の磁極部分層10bを介して接続される。また、第2の磁極部分層10bの長さが第1の磁極部分層10aの長さよりも大きいことから、第2の磁極部分層10bとヨーク部分層18とが比較的広い領域で接触する。従って、本実施の形態によれば、ヨーク部分層18から第1の磁極部分層10aにかけて磁路の断面積が急激に減少することがなく、磁路の途中での磁束の飽和を防止することができる。その結果、本実施の形態によれば、薄膜コイル16で発生した起磁力を効率よく記録に利用することが可能となる。

【0083】また、本実施の形態では、ヨーク部分層18のエアベアリング面30側の端面をエアベアリング面30から離れた位置に配置している。従って、本実施の形態によれば、記録すべき領域以外の領域へのデータの書き込み、すなわちサイドライトを防止することができる。また、本実施の形態では、全体の長さがスロートハイトよりも大きな第2の磁極部分層10bを介して、第1の磁極部分層10aとヨーク部分層18とが接続されるので、上述のようにヨーク部分層18のエアベアリング面30側の端面をエアベアリング面30から離れた位置に配置しても、磁路の断面積が急激に減少することがない。

【0084】また、本実施の形態では、薄膜コイル16を、第1の磁極部分層10aの側方に配置し、平坦な絶縁膜15の上に形成している。そのため、本実施の形態によれば、薄膜コイル16を微細に精度よく形成することが可能になる。更に、本実施の形態によれば、エイベックス部が存在しないので、スロートハイトゼロ位置TH0、すなわち第1の磁極部分層10aの近くに、薄膜コイル16の端部を配置することができる。

【0085】これらのことから、本実施の形態によれば、例えば従来に比べて30～40%程度、磁路長の縮小が可能となる。更に、薄膜コイル16で発生した起磁力が途中で飽和することを防止でき、薄膜コイル16で発生した起磁力を効率よく記録に利用することができる。従って、本実施の形態によれば、記録ヘッドの高周波特性や、非線形トランジションシフト(Non-linear Transition Shift; 以下、NLTSと記す。)や、オーバーライト特性の優れた薄膜磁気ヘッドを提供することが可能となる。

【0086】また、本実施の形態によれば、磁路長の縮小が可能となることから、巻き数を変えることなく薄膜コイル16の全長を大幅に短くすることができる。これにより、薄膜コイル16の抵抗を小さくすることができるので、その分、薄膜コイル16の厚みを小さくすることが可能となる。

【0087】また、本実施の形態では、上部磁極層の第1の磁極部分層10aおよび第2の磁極部分層10bの

側方に配置された薄膜コイル16を覆うコイル絶縁層17を設け、このコイル絶縁層17の上面を平坦化したので、その後形成されるヨーク部分層18を精度よく形成することが可能となる。

【0088】また、本実施の形態では、下部磁極層8と薄膜コイル16の間に、薄く且つ十分な絶縁耐圧が得られる無機材料よりなる絶縁膜である記録ギャップ層9が設けられるので、下部磁極層8と薄膜コイル16との間に大きな絶縁耐圧を得ることができる。

【0089】また、本実施の形態では、薄膜コイル16を無機絶縁材料よりなるコイル絶縁層17で覆ったので、薄膜磁気ヘッドの使用中に、薄膜コイル16の周辺で発生する熱による膨張によって磁極部分が記録媒体側に突出することを防止することができる。

【0090】[第2の実施の形態]次に、図12を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図12において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0091】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、2層の薄膜コイルを設けたものである。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、下部磁極層8を選択的にエッチングしてトリム構造とする工程までは、第1の実施の形態と同様である。ただし、本実施の形態では、下部磁極層8を第1の実施の形態に比べて広い領域に設けている。また、本実施の形態では、第2の磁極部分層10bの厚みを、例えば約2.0～3.0μmとする。また、本実施の形態では、トリム構造とするために記録ギャップ層9をエッチングする際に、薄膜コイルの下側となる領域に図示しないトリム用フォトマスクを形成してからエッチングを行って、薄膜コイルの下側となる領域において記録ギャップ層9を除去せずに残している。

【0092】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、トリム構造とした後、全体に、後述する薄膜コイルと下部磁極層8とを絶縁するための、例えばアルミナよりなる絶縁膜15を、約0.3～0.5μmの厚みに形成する。次に、絶縁膜15の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅よりなる薄膜コイルの第1層部分21を、例えば約1.0～2.0μmの厚みおよび1.2～2.0μmのコイルピッチで形成する。薄膜コイルの第1層部分21は、磁性層11、13を中心にして巻回されるように形成され、その一部が第1の磁極部分層10aの側方に配置される。なお、図12(a)において、符号21aは、薄膜コイルの第1層部分21を後述する第2層部分に接続するための接続部を示している。

【0093】次に、全体に、例えばアルミナよりなるコイル絶縁層22を、約3～4μmの厚みに形成する。次

に、例えばCMPによって、第2の磁極部分層10bおよび磁性層13が露出するまで、コイル絶縁層22を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図12(a)では、薄膜コイルの第1層部分21は露出していないが、この第1層部分21が露出するようにしてもよい。第1層部分21が露出するようにした場合には、第1層部分21を覆う絶縁膜を形成する。

【0094】次に、接続部21aの上において、コイル絶縁層22を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。次に、コイル絶縁層22の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅よりなる薄膜コイルの第2層部分23を、例えば約1.0~2.0 μm の厚みおよび1.2~2.0 μm のコイルピッチで形成する。なお、図12(a)において、符号23aは、薄膜コイルの第2層部分23をコンタクトホールを介して第1層部分21の接続部21aに接続するための接続部を示している。

【0095】次に、コイル絶縁層22および薄膜コイルの第2層部分23の上に、フォトレジスト層24を、所定のパターンに形成する。次に、第2の磁極部分層10b、フォトレジスト層24および磁性層13の上に、上部磁極層のヨーク部分となるヨーク部分層25を、例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。ヨーク部分層25は、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波特性の改善のため、ヨーク部分層25を、無機系の絶縁膜とパーマロイ等の磁性層とを何層にも重ね合わせた構造としてもよい。

【0096】また、ヨーク部分層25のエアベアリング面30側の端面は、エアベアリング面30から例えば0.5~1.0 μm だけ離れた位置、本実施の形態では特に、スロットハイトゼロ位置の近傍の位置に配置されている。

【0097】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層26を、例えば20~40 μm の厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面30を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0098】本実施の形態では、第1の磁極部分層10a、第2の磁極部分層10b、磁性層11、13およびヨーク部分層25よりなる上部磁極層が、本発明におけ

る第2の磁性層に対応する。

【0099】本発明では、薄膜コイルの第2層部分23を、平坦化されたコイル絶縁層22の上に形成したので、第2層部分23を微細に精度よく形成することが可能になる。

【0100】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0101】[第3の実施の形態]次に、図13ないし図18を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図13ないし図18において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0102】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、2層の薄膜コイルを設けたものである。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図13に示したように、下部磁極層8を形成する工程までは、第1の実施の形態と同様である。ただし、本実施の形態では、下部磁極層8を第1の実施の形態に比べて広い領域に設けている。

【0103】本実施の形態では、次に、図14に示したように、下部磁極層8の上に、絶縁材料よりなる記録ギャップ層9を、例えば0.2~0.3 μm の厚みに形成する。次に、磁路形成のために、記録ギャップ層9を部分的にエッチングしてコンタクトホール9aを形成する。次に、記録ギャップ層9のエアベアリング面30側の端部近傍の位置において、記録ギャップ層9の上に、上部磁極層の第1の磁極部分層10aを、例えば約0.5~1.0 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁路形成のためのコンタクトホール9aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層11を、例えば約0.5~1.0 μm の厚みに形成する。この時点における第1の磁極部分層10aの形状は、第1の実施の形態と同様である。

【0104】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層12を、約1.0~2.0 μm の厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、第1の磁極部分層10aと磁性層11が露出するまで、絶縁層12を研磨して、表面を平坦化処理する。図14(a)において、第1の磁極部分層10aと絶縁層12との境界位置がスロットハイトゼロ位置となる。

【0105】次に、図15に示したように、第1の磁極部分層10aの上に、上部磁極層の第2の磁極部分層10bを、例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁性層11の上に磁性層13を例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。第2の磁極部分層10bは、第1の磁極部分層10aに接触する部分の幅が記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが、磁極部分における第1の磁極部分層10aの長さよりも大きくなっている。

【0106】次に、第2の磁極部分層10bをマスクとして、第1の磁極部分層10aおよび絶縁層12を、例えばアルゴン系ガスをを用いたイオンミリングによってエッチングする。これにより、第2の磁極部分層10bと接触する部分において、第1の磁極部分層10aの幅は、第2の磁極部分層の幅すなわち記録トラック幅と等しくなる。

【0107】次に、トリム構造とするためにエッチングすべき領域以外の部分の上に、トリム用フォトマスク14を形成する。次に、第1の磁極部分層10aおよび第2の磁極部分層10bとトリム用フォトマスク14とをマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層9を選択的にエッチングする。このとき、本実施の形態では、後述する薄膜コイルの下側となる領域において記録ギャップ層9を除去せずに残している。また、このときのドライエッチングには、例えば、 BCl_2 、 Cl_2 等の塩素系ガスや、 CF_4 、 SF_6 等のフッ素系ガス等のガスをを用いたRIEが用いられる。次に、例えばアルゴン系ガスをを用いたイオンミリングによって、下部磁極層8を選択的に約0.3~0.6 μm 程度エッチングして、図15(b)に示したようなトリム構造とする。次に、トリム用フォトマスク14を除去する。

【0108】次に、図16に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜15を、約0.3~0.5 μm の厚みに形成する。次に、絶縁膜15の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅よりなる薄膜コイルの第1層部分31を、例えば約1.0~2.0 μm の厚みおよび1.2~2.0 μm のコイルピッチで形成する。薄膜コイルの第1層部分31は、磁性層11、13を中心にして巻回されるように形成され、その一部が第1の磁極部分層10aの側方に配置される。なお、図16(a)において、符号31aは、薄膜コイルの第1層部分31を後述する第2層部分に接続するための接続部を示している。

【0109】次に、図17に示したように、全体に、例えばアルミナよりなるコイル絶縁層32を、約3~4 μm の厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、第2の磁極部分層10bおよび磁性層13が露出するまで、コイル絶縁層32を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図17(a)では、薄膜コイルの第1層部分31は露出していないが、この第1層部分31が露出するようにしてもよい。第1層部分31が露出するようにした場合には、第1層部分31を覆う絶縁膜を形成する。

【0110】次に、第2の磁極部分層10bおよびコイル絶縁層32の上に、磁性材料よりなり、第2の磁極部分層10bと後述するヨーク部分層とを接続するための接続層33を、例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁性層13の上に磁性層34を例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。

【0111】接続層33のエアベアリング面30側の端面は、エアベアリング面30から例えば0.5~1.0 μm だけ離れた位置、本実施の形態では特に、スロートハイトゼロ位置の近傍の位置に配置されている。接続層33の長さは、例えば約3.0 μm とする。なお、接続層33のエアベアリング面30とは反対側の端面の位置がエアベアリング面30から遠ざかるほど、後述するヨーク部分層のエアベアリング面30側の端面をエアベアリング面30から遠ざけることができるが、磁路長が長くなってしまう。そのため、接続層33のエアベアリング面30とは反対側の端面の位置は、第2の磁極部分層10bのエアベアリング面30とは反対側の端面の位置から、エアベアリング面30とは反対側に、接続層33の膜厚程度離れた位置とするのが好ましい。

【0112】接続層33は、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe(Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN、FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe、Co系アモルファス材等を用いてもよい。

【0113】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜35を、約0.3~0.5 μm の厚みに形成する。次に、接続部31aの上において、絶縁膜35およびコイル絶縁層32を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。次に、絶縁膜35の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅よりなる薄膜コイルの第2層部分36を、例えば約1.0~2.0 μm の厚みおよび1.2~2.0 μm のコイルピッチで形成する。薄膜コイルの第2層部分36は、磁性層34を中心にして巻回されるように形成され、その一部が接続層33の側方に配置される。なお、図17(a)において、符号36aは、薄膜コイルの第2層部分36をコンタクトホールを介して第1層部分31の接続部31aに接続するための接続部を示している。

【0114】次に、図18に示したように、全体に、例えばアルミナよりなるコイル絶縁層37を、約3~4 μm の厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、接続層33および磁性層34が露出するまで、コイル絶縁層37を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図18(a)では、薄膜コイルの第2層部分36は露出していないが、第2層部分36が露出するようにしてもよい。第2層部分36が露出するようにした場合には、第2層部分36を覆う絶縁膜を形成する。

【0115】次に、接続層33、コイル絶縁層37および磁性層34の上に、上部磁極層のヨーク部分となるヨーク部分層38を、例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。ヨーク部分層38を形成するための材料や

形成方法は、第1の実施の形態におけるヨーク部分層18と同様である。

【0116】また、ヨーク部分層38のエアベアリング面30側の端面は、エアベアリング面30から離れた位置、本実施の形態では特に、スロートハイトゼロ位置よりもエアベアリング面30から離れた位置に配置されている。

【0117】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層39を、例えば20~40 μ mの厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面30を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0118】本実施の形態では、第2の磁極部分層10bとヨーク部分層38とが接続層33を介して接続される。本実施の形態では、第1の磁極部分層10a、第2の磁極部分層10b、接続層33、磁性層11、13、34およびヨーク部分層38よりなる上部磁極層が、本発明における第2の磁性層に対応する。

【0119】本実施の形態では、薄膜コイルの第1層部分31を、上部磁極層の第1の磁極部分層10aの側方に配置し、平坦な絶縁膜15の上に形成すると共に、薄膜コイルの第2層部分36を、接続層33の側方に配置し、平坦な絶縁膜35の上に形成している。そのため、本実施の形態によれば、薄膜コイルの第1層部分31および第2層部分36を共に微細に精度よく形成することが可能になり、磁路長の縮小が可能になる。

【0120】また、本実施の形態では、接続層33の側方に配置された薄膜コイルの第2層部分36を覆うコイル絶縁層37を設け、このコイル絶縁層37の上面を平坦化したので、その後形成されるヨーク部分層38を精度よく形成することが可能となる。

【0121】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0122】〔第4の実施の形態〕次に、図19ないし図24を参照して、本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法について説明する。なお、図19ないし図24において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0123】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、2層の薄膜コイルを設けたものである。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、記録ギャップ層9を形成する工程までは、第3の実施の形態と同様である。

【0124】本実施の形態では、次に、図19に示したように、次に、磁路形成のために、記録ギャップ層9を部分的にエッチングしてコンタクトホール9aを形成する。次に、記録ギャップ層9のエアベアリング面30側の端部近傍の位置において、記録ギャップ層9の上に、

上部磁極層の第1の磁極部分層10aを、例えば約0.5~1.0 μ mの厚みに形成する。このとき同時に、磁路形成のためのコンタクトホール9aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層11を、例えば約0.5~1.0 μ mの厚みに形成する。この時点における第1の磁極部分層10aの形状は、第1の実施の形態と同様である。

【0125】また、本実施の形態では、記録ギャップ層9の上であって、後述する薄膜コイルの第1層部分を第2層部分に接続するための接続部が配置される領域に、底上げパターン41を、例えば約0.5~1.0 μ mの厚みに形成する。この底上げパターン41の材料は特に限定されない。しかし、底上げパターン41の材料を上部磁極層の第1の磁極部分層10aおよび磁性層11と同じ磁性材料とし、底上げパターン41を上部磁極層の第1の磁極部分層10aおよび磁性層11と同時に形成するのが好ましい。

【0126】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層12を、約1.0~2.0 μ mの厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、第1の磁極部分層10a、磁性層11および底上げパターン41が露出するまで、絶縁層12を研磨して、表面を平坦化処理する。図19(a)において、第1の磁極部分層10aと絶縁層12との境界位置がスロートハイトゼロ位置となる。

【0127】次に、図20に示したように、第1の磁極部分層10aの上に、上部磁極層の第2の磁極部分層10bを、例えば約2.0~3.0 μ mの厚みに形成する。このとき同時に、磁性層11の上に磁性層13を例えば約2.0~3.0 μ mの厚みに形成する。第2の磁極部分層10bは、第1の磁極部分層10aに接触する部分の幅が記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが、磁極部分における第1の磁極部分層10aの長さよりも大きくなっている。

【0128】次に、第2の磁極部分層10bをマスクとして、第1の磁極部分層10aおよび絶縁層12を、例えばアルゴン系ガスをを用いたイオンミリングによってエッチングする。これにより、第2の磁極部分層10bと接触する部分において、第1の磁極部分層10aの幅は、第2の磁極部分層の幅すなわち記録トラック幅と等しくなる。

【0129】次に、図21に示したように、トリム構造とするためにエッチングすべき領域以外の部分の上に、トリム用フォトマスク14を形成する。次に、第1の磁極部分層10aおよび第2の磁極部分層10bとトリム用フォトマスク14とをマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層9を選択的にエッチングする。このとき、本実施の形態では、後述する薄膜コイルの下側となる領域において記録ギャップ層9を除去せずに残している。また、このときのドライエッチングには、例えば、BCl₂、Cl₂等の塩素系ガスや、C

F_4 , SF_6 等のフッ素系ガス等のガスを用いたRIEが用いられる。次に、例えばアルゴン系ガスを用いたイオンミリングによって、下部磁極層8を選択的に約0.3~0.6 μm 程度エッチングして、図21(b)に示したようなトリム構造とする。次に、トリム用フォトマスク14を除去する。

【0130】次に、図22に示したように、記録ギャップ層9の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅よりなる薄膜コイルの第1層部分31を、例えば約1.0~2.0 μm の厚みおよび1.2~2.0 μm のコイルピッチで形成する。薄膜コイルの第1層部分31は、磁性層11, 13を中心にして巻回されるように形成され、その一部が第1の磁極部分層10aの側方に配置される。本実施の形態では、薄膜コイルの第1層部分31を後述する第2層部分に接続するための接続部31aは底上げパターン41の上に形成される。

【0131】次に、図23に示したように、全体に、例えばアルミナよりなるコイル絶縁層32を、約3~4 μm の厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、第2の磁極部分層10b、磁性層13および接続部31aが露出するまで、コイル絶縁層32を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図23(a)では、薄膜コイルの第1層部分31は露出していないが、この第1層部分31が露出するようにしてもよい。第1層部分31が露出するようにした場合には、第1層部分31を覆う絶縁膜を形成する。

【0132】次に、第2の磁極部分層10bおよびコイル絶縁層32の上に、磁性材料よりなり、第2の磁極部分層10bと後述するヨーク部分層とを接続するための接続層33を、例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。このとき同時に、磁性層13の上に磁性層34を例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。接続層33の材料、大きさおよび配置は、第3の実施の形態と同様である。

【0133】次に、コイル絶縁層32の上に、例えばフレームめっき法によって、例えば銅よりなる薄膜コイルの第2層部分36を、例えば約1.0~2.0 μm の厚みおよび1.2~2.0 μm のコイルピッチで形成する。薄膜コイルの第2層部分36は、磁性層34を中心にして巻回されるように形成され、その一部が接続層33の側方に配置される。第2層部分36の接続部36aは、第1層部分31の接続部31aの上に形成される。

【0134】次に、図24に示したように、全体に、例えばアルミナよりなるコイル絶縁層37を、約3~4 μm の厚みに形成する。次に、例えばCMPによって、接続層33および磁性層34が露出するまで、コイル絶縁層37を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図24(a)では、薄膜コイルの第2層部分36は露出していないが、第2層部分36が露出するようにしてもよい。第2層部分36が露出するようにした場合には、第

2層部分36を覆う絶縁膜を形成する。

【0135】次に、接続層33、コイル絶縁層37および磁性層34の上に、上部磁極層のヨーク部分となるヨーク部分層38を、例えば約2.0~3.0 μm の厚みに形成する。ヨーク部分層38を形成するための材料や形成方法は、第1の実施の形態におけるヨーク部分層18と同様である。

【0136】また、ヨーク部分層38のエアベアリング面30側の端面は、エアベアリング面30から離れた位置、本実施の形態では特に、スロートハイトゼロ位置よりもエアベアリング面30から離れた位置に配置されている。

【0137】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層39を、例えば20~40 μm の厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面30を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0138】本実施の形態では、記録ギャップ層9の上であって、薄膜コイルの第1層部分31を第2層部分36に接続するための接続部31aが配置される領域に底上げパターン41を形成し、この底上げパターン41の上に接続部31aを形成している。そのため、例えばCMPによってコイル絶縁層32を研磨して、表面を平坦化処理する工程で、第2の磁極部分層10bおよび磁性層13と共に接続部31aも露出する。従って、本実施の形態によれば、薄膜コイルの第1層部分31の接続部31aと第2層部分36の接続部36aとを接続するために、接続部31aの上の部分において、コイル絶縁層32にコンタクトホールを形成する工程が不要になる。また、底上げパターン41を上部磁極層の第1の磁極部分層10aおよび磁性層11と同時に形成すれば、底上げパターン41の形成のために工程数が増えることがない。

【0139】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第3の実施の形態と同様である。

【0140】本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば上記各実施の形態では、基体側に読み取り用のMR素子を形成し、その上に、書き込み用の誘導型磁気変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0141】つまり、基体側に書き込み用の誘導型磁気変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を形成してもよい。このような構造は、例えば、上記実施の形態に示した上部磁極層の機能を有する磁性膜を下部磁極層として基体側に形成し、記録ギャップ膜を介して、それに対向するように上記実施の形態に示した下部磁極層の機能を有する磁性膜を上部磁極層として形成す

ることにより実現できる。この場合、誘導型磁気変換素子の上部磁極層とMR素子の下部シールド層を兼用させることが好ましい。

【0142】また、本発明は、誘導型磁気変換素子のみを備えた記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型磁気変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0143】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし12のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドによれば、一方の磁性層の第1の磁極部分層がスロートハイトに等しい長さを有し、一方の磁性層の第1の磁極部分層と第2の磁極部分層が記録トラック幅に等しい幅を有するようにしたので、第2の磁極部分層の形成後に第1の磁極部分層の幅を記録トラック幅に等しい幅にすることが可能になる。従って、本発明によれば、始めは記録トラック幅よりも大きい幅を有するように第1の磁極部分層を形成することが可能となり、第1の磁極部分層を精度よく形成することが可能となる。また、本発明によれば、第2の磁極部分層は、全体の長さが第1の磁極部分層の長さよりも大きいので、第2の磁極部分層を精度よく形成することが可能となる。これらのことから、本発明によれば、誘導型磁気変換素子のトラック幅を小さくした場合でもトラック幅とスロートハイトを精度よく規定することが可能になるという効果を奏する。更に、本発明によれば、第1の磁極部分層とヨーク部分層とが第2の磁極部分層を介して接続され、且つ第2の磁極部分層の長さが第1の磁極部分層の長さよりも大きいことから第2の磁極部分層とヨーク部分層とが比較的広い領域で接触する。従って、本発明によれば、ヨーク部分層から第1の磁極部分層にかけて磁路の断面積が急激に減少することを防止でき、磁路の途中での磁束の飽和を防止することが可能になるという効果を奏する。

【0144】また、請求項2記載の薄膜磁気ヘッドによれば、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面が、媒体対向面から離れた位置に配置されているので、更に、記録すべき領域以外の領域へのデータの書き込みを防止することができるという効果を奏する。

【0145】また、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第1の磁極部分層の側方に配置され、第2の磁極部分層側の面が第1の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された絶縁層を備えたので、更に、第2の磁極部分層を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0146】また、請求項4記載の薄膜磁気ヘッドによれば、薄膜コイルの少なくとも一部が、スロートハイトを規定する第1の磁極部分層の側方に配置されているので、更に、薄膜コイルの少なくとも一部の端部を第1の磁極部分層の端部の近くに配置することができ、その結果、磁路長の縮小が可能になるという効果を奏する。

【0147】また、請求項5記載の薄膜磁気ヘッドによれば、更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの少なくとも一部を覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を備えたので、更に、絶縁層に隣接する層を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0148】また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドによれば、薄膜コイルは、第1の磁極部分層の側方に配置された第1の部分と、この第1の部分とヨーク部分層との間に配置された第2の部分とを有し、薄膜磁気ヘッドは更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分と、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を備え、薄膜コイルの第2の部分はコイル絶縁層とヨーク部分層との間に配置されているので、更に、薄膜コイルの第2の部分を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0149】また、請求項10記載の薄膜磁気ヘッドによれば、一方の磁性層は、更に、第2の磁極部分層とヨーク部分層とを接続するための接続層を有し、薄膜コイルは、第1の磁極部分層の側方に配置された第1の部分と、接続層の側方に配置された第2の部分とを有し、薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分と、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された第1のコイル絶縁層と、接続層の側方に配置された薄膜コイルの第2の部分とを覆い、ヨーク部分層側の面が接続層におけるヨーク部分層側の面と共に平坦化された第2のコイル絶縁層とを備えたので、更に、ヨーク部分層を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0150】また、請求項13ないし33のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第2の磁性層を形成する工程が、磁極部分における長さがスロートハイトに等しい第1の磁極部分層を形成する工程と、第1の磁極部分層に接触する部分の幅が記録トラック幅と等しく、且つ全体の長さが磁極部分における第1の磁極部分層の長さよりも大きい第2の磁極部分層を形成する工程と、第1の磁極部分層と第2の磁極部分層と接触する部分において、第1の磁極部分層の幅が第2の磁極部分層の幅と等しくなるように、第2の磁極部分層をマスクとして第1の磁極部分層をエッチングする工程と、ヨーク部分層を形成する工程とを含む。従って、本発明によれば、始めは記録トラック幅よりも大きい幅を有するように第1の磁極部分層を形成することが可能となり、第1の磁極部分層を精度よく形成することが可能となる。また、本発明によれば、第2の磁極部分層は、全体の長さが第1の磁極部分層の長さよりも大きいので、第2の磁極部分層を精度よく形成することが可能となる。これらのことから、本発明によれば、誘導型磁気変換素子のト

トラック幅を小さくした場合でもトラック幅とスロートハイトを精度よく規定することが可能になるという効果を奏する。更に、本発明によれば、第1の磁極部分層とヨーク部分層とが第2の磁極部分層を介して接続され、且つ第2の磁極部分層の長さが第1の磁極部分層の長さよりも大きいことから第2の磁極部分層とヨーク部分層とが比較的広い領域で接触する。従って、本発明によれば、ヨーク部分層から第1の磁極部分層にかけて磁路の断面積が急激に減少することを防止でき、磁路の途中での磁束の飽和を防止することが可能になるという効果を奏する。

【0151】また、請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、ヨーク部分層の媒体対向面側の端面を、媒体対向面から離れた位置に配置したので、更に、記録すべき領域以外の領域へのデータの書き込みを防止することができるという効果を奏する。

【0152】また、請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、更に、第1の磁極部分層の側方に配置され、第2の磁極部分層側の面が第1の磁極部分層の他方の面と共に平坦化された絶縁層を形成する工程を含むようにしたので、更に、第2の磁極部分層を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0153】また、請求項16記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、薄膜コイルの少なくとも一部を第1の磁極部分層の側方に配置するようにしたので、更に、薄膜コイルの少なくとも一部の端部を第1の磁極部分層の端部の近くに配置することができ、その結果、磁路長の縮小が可能になるという効果を奏する。

【0154】また、請求項17記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの少なくとも一部を覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を形成する工程を含むようにしたので、更に、絶縁層に隣接する層を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0155】また、請求項19記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分の覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面と共に平坦化されたコイル絶縁層を形成し、薄膜コイルの第2の部分をコイル絶縁層とヨーク部分層との間に配置するようにしたので、更に、薄膜コイルの第2の部分を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【0156】また、請求項22記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第2の磁極部分層とヨーク部分層とを接続するための接続層を設け、薄膜コイルの第1の部分を第1の磁極部分層の側方に配置し、薄膜コイルの第2の部分を接続層の側方に配置し、更に、第1の磁極部分層の側方に配置された薄膜コイルの第1の部分を覆い、ヨーク部分層側の面が第2の磁極部分層の他方の面

と共に平坦化された第1のコイル絶縁層を形成する工程と、接続層の側方に配置された薄膜コイルの第2の部分を覆い、ヨーク部分層側の面が接続層におけるヨーク部分層側の面と共に平坦化された第2のコイル絶縁層を形成する工程とを含むようにしたので、更に、ヨーク部分層を精度よく形成することが可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図2】図1に続く工程を説明するための断面図である。

【図3】図2に続く工程を説明するための断面図である。

【図4】図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】図5に続く工程を説明するための断面図である。

【図7】図6に続く工程を説明するための断面図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造途中の状態を示す平面図である。

【図10】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図11】本発明の第1の実施の形態における第1の磁極部分層10aの厚みTを幅P2Wで除算した値 $T/P2W$ とオーバーライト特性との関係の一例を示す特性図である。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図13】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図14】図13に続く工程を説明するための断面図である。

【図15】図14に続く工程を説明するための断面図である。

【図16】図15に続く工程を説明するための断面図である。

【図17】図16に続く工程を説明するための断面図である。

【図18】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図19】本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図

である。

【図20】図19に続く工程を説明するための断面図である。

【図21】図20に続く工程を説明するための断面図である。

【図22】図21に続く工程を説明するための断面図である。

【図23】図22に続く工程を説明するための断面図である。

【図24】本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図25】従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図26】図25に続く工程を説明するための断面図で

ある。

【図27】図26に続く工程を説明するための断面図である。

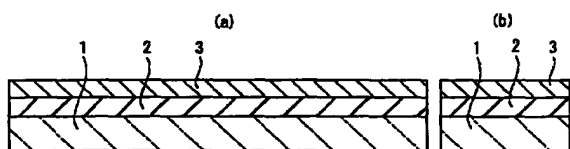
【図28】図27に続く工程を説明するための断面図である。

【図29】従来の磁気ヘッドの平面図である。

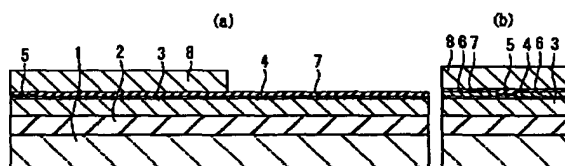
【符号の説明】

1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、5…MR素子、8…下部磁極層、9…記録ギャップ層、10a…上部磁極層の第1の磁極部分層、10b…上部磁極層の第2の磁極部分層、15…絶縁膜、16…薄膜コイル、17…コイル絶縁層、18…ヨーク部分層、20…オーバーコート層。

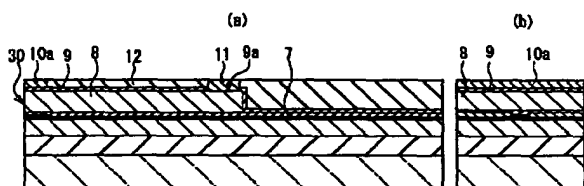
【図1】



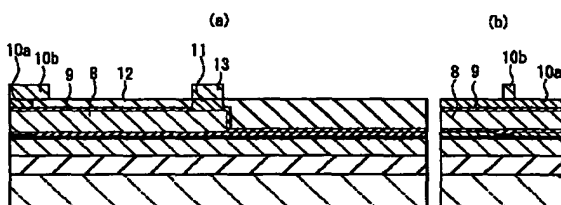
【図2】



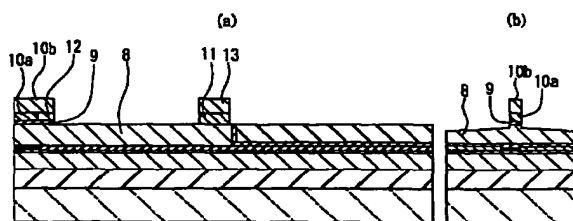
【図3】



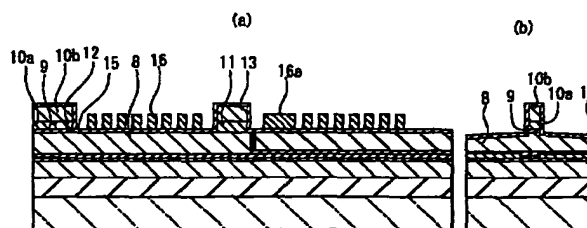
【図4】



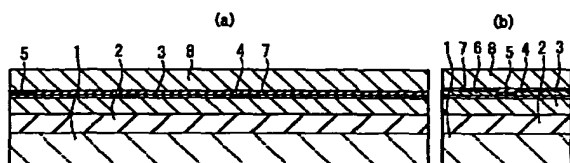
【図5】



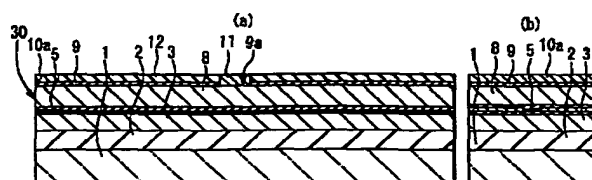
【図6】



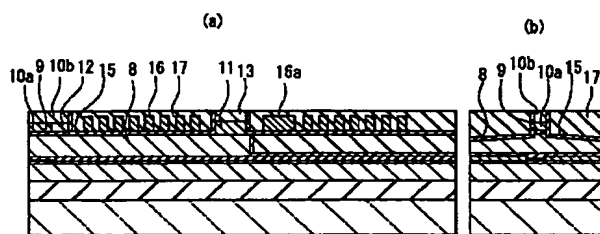
【図13】



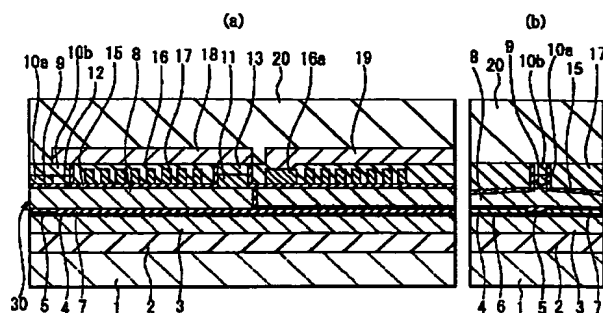
【図14】



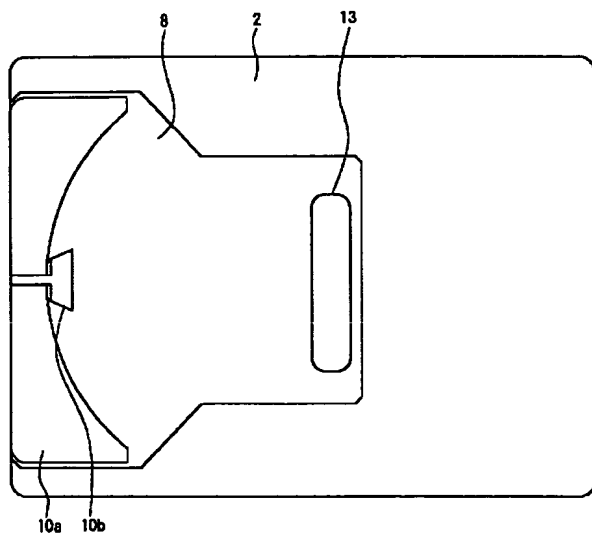
【図7】



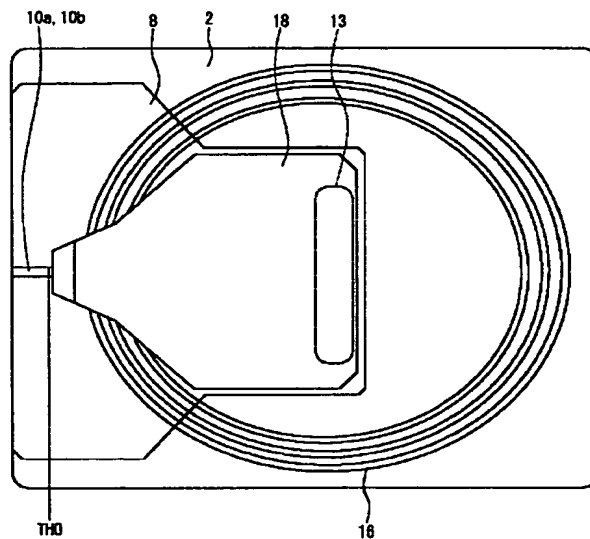
【図8】



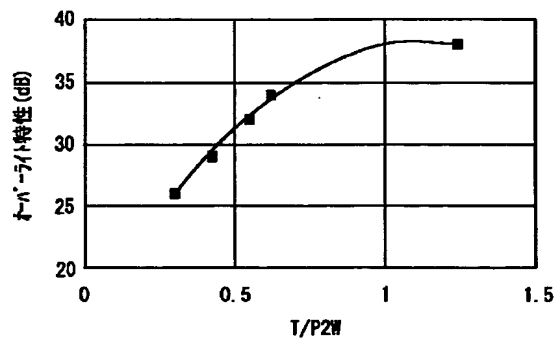
【図9】



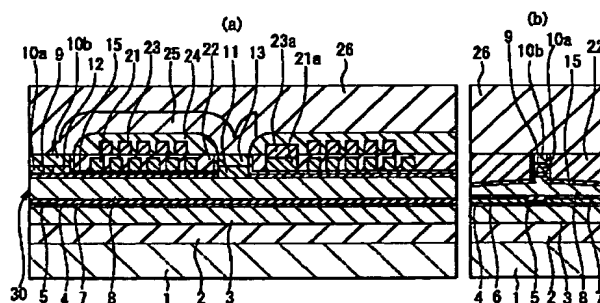
【図10】



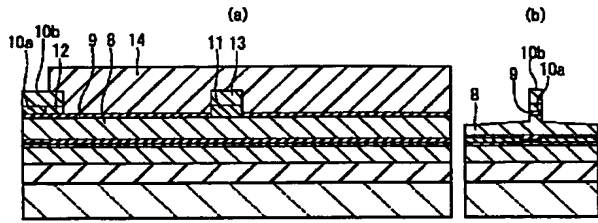
【図11】



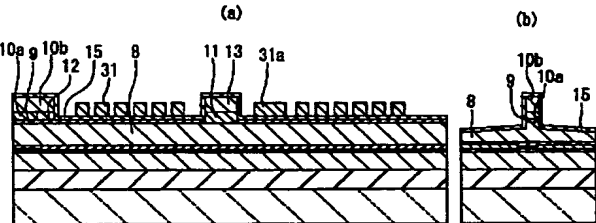
【図12】



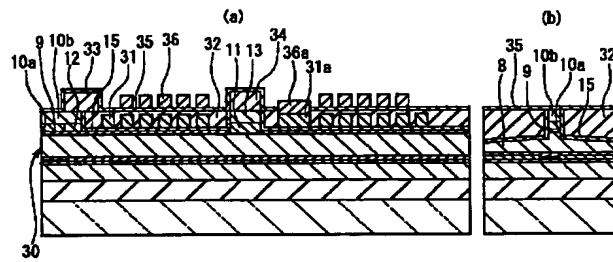
【図15】



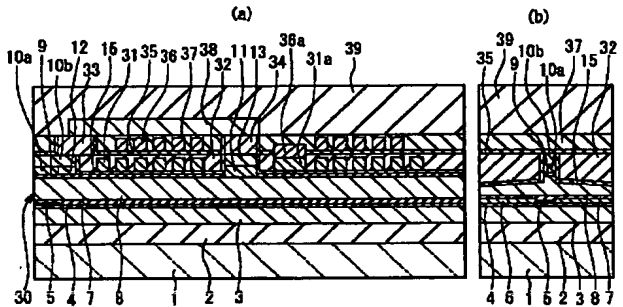
【图16】



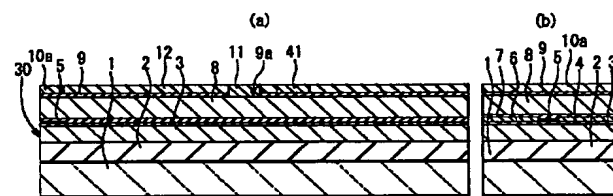
【図17】



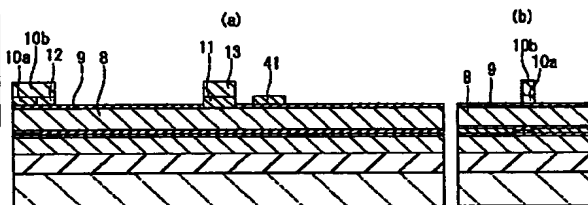
【図18】



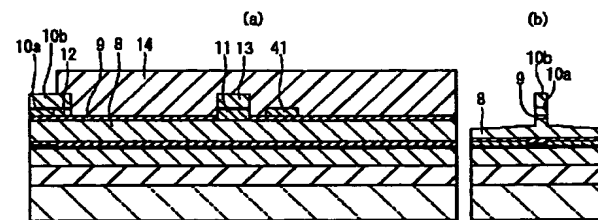
【图 19】



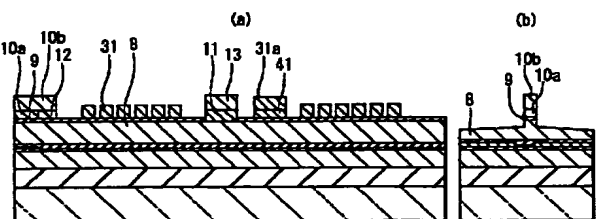
【図20】



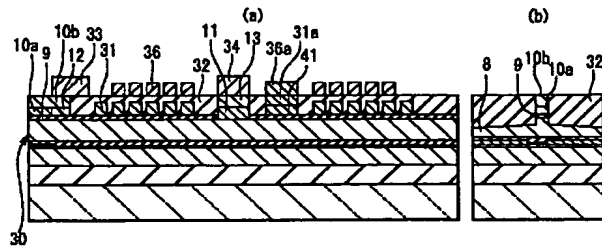
【図21】



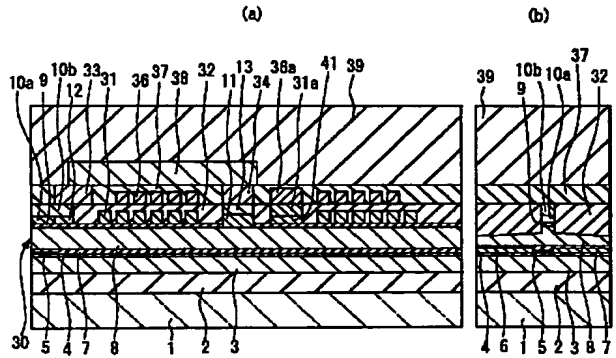
【図22】



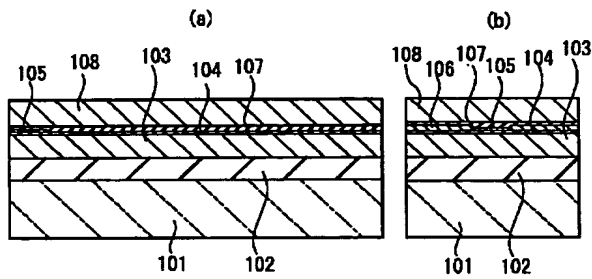
【図23】



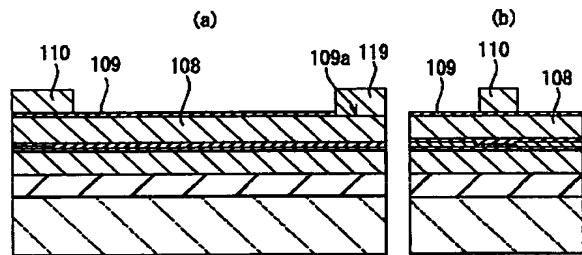
【図24】



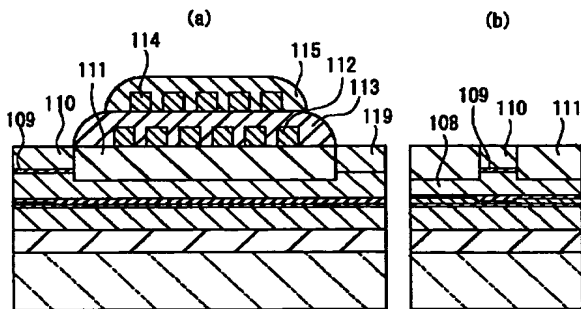
【図25】



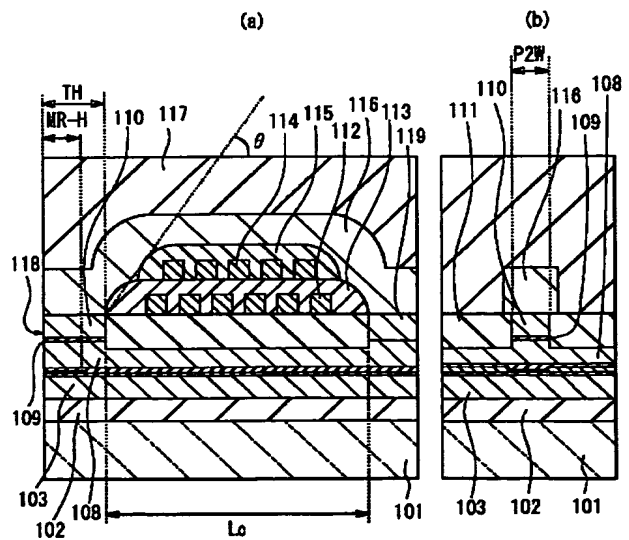
【図26】



【図27】



【図28】



【図29】

